

## 国家科技进步奖提名项目公示

### 一、项目名称

多云多雨环境遥感监测关键技术与应用

### 二、提名单位

香港创新署

### 三、项目简介

多云多雨地区指的是年平均降水量不小于 800mm、气候湿润、降水丰沛、年晴天数小于 50 天、常年云雨覆盖的包括陆地与海洋的广大湿润地区，也是自然灾害频发和环境演变最快的地区。卫星遥感是全球和区域性地表环境监测的重要技术，普通光学卫星受到多云多雨天气条件的制约无法连续观测，而具有全天时、全天候观测能力的雷达遥感技术成为了多云多雨环境遥感监测的核心技术。受卫星数据匮乏和微波散射机理不明、大气和地表复杂多变以及工程化应用技术发展滞后等因素影响，多云多雨环境下遥感监测是长期困扰遥感届的一个重大难题，尤其是我国雷达遥感技术的发展长期落后于美欧等先进国家。自 2000 年开始，该项目团队积极参与国家重点研发计划，开展多云多雨环境遥感关键技术研究，在 863 计划等 12 个国家与省部级科研项目的支持下，联合国内 3 家产学研用单位，围绕“多云多雨地区的遥感数据融合和雷达散射机理分析技术、复杂多变环境下综合遥感信息提取技术与多学科交叉的工程应用技术”主线开展技术攻关，构建了针对多云多雨地区综合遥感监测理论、方法和应用体系，实现了多云多雨地区遥感监测水平跨越式的提升。主要创新成果包括：

#### (1) 创建多云多雨地区的遥感数据融合和雷达散射机理分析技术

依托中国华南地区第一个雷达遥感地面站，构建了雷达和光学影像一体化融合的理论框架，揭示了典型雷达目标散射机理和性质，为多云多雨地区遥感监测提供数据支撑和理论基础。

#### (2) 研发复杂多变环境下综合遥感信息提取技术

发展了 SAR 和光学遥感大气校正理论，创建了复杂多变环境下陆地和海洋综合遥感信息提取技术，建立以潮流和海浪数值预报为支撑的海洋环境保障服务系统。为遥感监测技术高精度、多领域、大范围的应用奠定了基础。

#### (3) 研建了集地质学、生态学、冰川学、湖泊学等多学科协同分析的遥感应用平台

研建了面向工程化应用的遥感信息提取平台，研发了遥感监测信息与地质学、生态学、冰川学和湖泊学协同解译和分析技术，构建了遥感与区域地球系统科学交叉研究理论体系，在行业、区域的业务应用系统建设运行以及国家重大任务和国际事务中发挥了重要作用。

项目培育了大批专业技术人才，包括 973 首席科学家 1 名，长江学者 1 名，中科院百人计划 2 名。发表论文 288 篇（SCI 论文 162 篇），其中包括 Science Advances、Scientific Report、Remote Sensing of Environment 等行业顶级期刊，出版专著 4 本，获省部级奖励 2 项。构建了多云多雨地区遥感监测理论、方法和应用体系，为香港和中国南方及周边地区的政府与民间机构提供卫星遥感数据与信息增值服务，取得了巨大的社会

效益和国际影响力，同行专家组鉴定一致认为该项目多项技术达到国际领先、总体达到国际先进水平。

#### 四、客观评价

##### 1、鉴定评价：

2017年11月12日，由科技部国家遥感中心在深圳组织的关于《多云多雨环境遥感监测关键技术与应用》研究成果鉴定会，以郭仁忠院士为组长的鉴定专家小组一致认为，本研究成果整体达到国际先进水平，其中光学与雷达数据“时-空-谱-角”一体化融合模型与方法、大型线状地物形变 InSAR 稳健估计的研究达到国际领先水平，在粤港澳大湾区建设和“一带一路”等国家重大发展战略中具有广泛应用前景。<sup>[2-3]</sup>

##### 2、学术评价：

中国科学院院士陈俊勇在《雷达干涉测量-原理与信号处理基础》专著中评价：“结合作者从事雷达遥感和雷达干涉测量技术研究工作积累的研究成果和实际经验，将这样一个应用前景广阔的前沿技术从几个基本方面系统的介绍给读者，对于 INSAR 技术的研究和应用发展定会起到积极作用，该书不仅适合遥感领域教育和科研工作者，而且值得推荐给空间大地测量、地球物理等诸多领域的教育和科技工作者阅读。”

中国科学院院士、中国工程院院士李德仁在《雷达干涉测量-原理与信号处理基础》专著中评价：“在国外同领域理论研究相对成熟，应用拓展迅速的背景下，期望本书的出版能够起到推波助澜的作用，在推动 InSAR 技术在我国的研究和应用研究推广方面发挥应有的作用，并且为我国自主开发的雷达观测卫星的计划和发展的相关的高新产业打下一定的基础”。

中国工程院院士孙九林在《微波遥感农业应用研究-水稻生长监测》专著中评价：“本书作者结合多年从事微波遥感应用研究的经验，基于大量第一手实验资料，围绕用微波遥感监测水稻生长这一主题，介绍了微波遥感对水稻生长监测的原理、数据采集、处理方法和系统设计，并有预见性地提出了微波遥感在农业领域应用的前景。值此书出版之际，我愿意将其推荐给广大读者，希望该书将为推动我国微波遥感事业的发展，特别是其在现代农业中的应用起到积极作用。”

中国科学院院士郭华东在《星载雷达干涉测量及时间序列分析的原理、方法与应用》专著中评价：“在当前多时相干涉雷达技术研究不断深入和产业化的今天，概述所展示的理论研究和相关技术方法无疑将对我国干涉雷达理论、技术和应用的发展起到有益的促进和带动作用。”

美国科学院院士、亚利桑那州立大学 Fotheringham 教授及其团队多次引用项目成果，他们发表在国际期刊《Ann Regional Science》（2015）的论文认为针对资料融合问题不管是在全局模型还是在局部模型中引入时间信息都是让人非常感兴趣的思路，并在时空带宽构造方面对时空统计模型进行改进。

##### 3、重要科技奖励：

“南海及邻近海域藻花形成演变过程机制与遥感监测方法”获 2013 年度“广东省科技进步奖”一等奖，授奖单位：广东省人民政府，证书号：A02-0-1-02-R03

“遥感考古与数字遗产保护前沿技术及应用”获 2017 年度“测绘科技进步奖”二等奖，授奖单位：中国测绘地理信息学会

## 五、推广应用、经济效益和社会效益

### 1、推广应用

应用单位名称	应用技术	应用起止时间 (由月/年至月/年)	应用单位 联络人及电话	应用情况
北京东方致远科技股份有限公司	InSAR 监测太原市地表形变	5/2017 至 7/2017	葛春青 /18612535022	对目标区域进行全覆盖、长时间、连续的形变监测，数据处理效率高，精度达毫米级
香港渔农自然护理署	香港近岸潮流预测结果	6/2015 至 5/2016	Joanne Lee/2150 6808	用于渔农署进行香港近岸渔业承载力的分析
澳门特别行政区政府地图绘制及地籍	填海区地面沉降监测与评估	4/2008 至 12/2008	余家敏/+853 87991601	通过 InSAR 技术普遍能获得本澳的土地形变信息，并有助于对全澳地区进行长期监测
广东测绘地理信息产业技术创新联盟	珠三角土地变化遥感动态监测业务化	1/2013 至今	胡胜华 /13609732501	整体上提高了珠三角区域遥感数据的土地覆盖分类精度，为城市规划、土地管理、生态资源优化配置等提供了重要的数据基础
新疆神华矿业有限公司	煤田火区地面塌陷雷达探测与预警技术	1/2006 至 11/2011	郭衍游 /18511305605	已在神华乌达矿区的煤火监测和综合治理中得到推广应用并取得了良好的经济效益和社会效益
江西省基础地理信息中心	InSAR 滑坡灾害监测技术	1/2012 至今	顾华奇 /18970073860	Skysense 软件提取的高精度 DEM 数据和形变信息已经应用于南昌市地面沉降、滑坡、地铁沿线沉降等地质灾害的普查

## 2、社会效益

项目成果引领了热带与亚热带多云多雨环境下遥感基础研究的发展和空间对地观测技术的进步，推动了区域特色遥感监测技术的业务化和产业化应用，为国家空间基础设施支撑粤港澳大湾区和“一带一路”国家重大战略的实施提供了技术支持。

项目成果已经在中国南方多云多雨地区 11 个行业，8 个省、市、特别行政区广泛使用，并推广到青藏高原对全球变化下的区域响应进行研究。

项目成果在粤港澳大湾区得到了全面应用，雷达与光学相互融合的遥感技术对自然灾害、农业、生态环境等领域实现了全面的监测，发起了珠江三角洲区域环境遥感会议，提高了粤港澳大湾区对自然灾害和环境恶化的应对能力，产生巨大的社会效益。

项目成果在 InSAR 形变地质灾害监测领域得到了充分应用，揭示了大型线状地物、填海区、冻土区、重大基础设施动态变化特性，首次提出了城市基础设施健康诊断（城市 CT）的先进理念，受到各大媒体的争相报导，将 InSAR 遥感技术带向产业化、工程化应用。

作为中国科技对外交流的窗口，项目成果得到了国际同行的高度认可，支持了联合国亚太经社会第三世界国家的防灾减灾，开展联合国教科文组织行动计划下的第三世界国家雷达干涉遗产保护研究，提升了国家形象和国际影响力。

## 六、主要知识产权

知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	专利有效状态
计算机软件著作权	天顺遥感软件	中国	2017SR079503	2017年03月15日	1664787	洪都天顺（深圳）科技有限公司；林琿；马培峰；杨侨聪；叶关根；严伟		其他有效的知识产权
计算机软件著作权	天顺遥感变化检测软件	中国	2017SR107916	2017年04月10日	1693200	洪都天顺（深圳）科技有限公司；林琿；马培峰；杨侨聪；叶关根；严伟		其他有效的知识产权
计算机软件著作权	星载SAR考古信息增强与监测系统V1.0	中国	2015SR260102	2015年12月15日	1147188	中国科学院遥感与数字地球研究所		其他有效的知

								识 产 权
--	--	--	--	--	--	--	--	----------

## 七、完成人关系说明

该项目是由香港中文大学、中国科学院测量与地球物理研究所、中国科学院遥感与数字地球研究所、洪都天顺（深圳）科技有限公司合作完成。本项目主要完成人共9人，其中林琿、黄波、潘家祎、马培峰、张鸿生、李刚都来自香港中文大学，江利明来自中国科学院测量与地球物理研究所，陈富龙来自中国科学院遥感与数字地球研究所，江利明是林琿教授指导的博士生，他和陈富龙都曾经在香港中文大学太空与地球信息科学研究所由林琿教授指导从事过博士后研究工作，严伟来自洪都天顺（深圳）科技有限公司，与林琿教授合作申请香港特区政府研究基金，共同开发天顺遥感软件系统。

项目负责人自 2000 年开始，在 863 计划等 12 个国家与省部级科研项目的支持下，联合国内 3 家产学研用单位，围绕“多云多雨地区的遥感资料融合和雷达散射机理分析技术、复杂多变环境下综合遥感信息提取技术与多学科交叉的工程应用技术”主线开展技术攻关，构建了针对多云多雨地区综合遥感监测理论、方法和应用体系，实现了多云多雨地区遥感监测水平跨越式的提升，引领了粤港澳大湾区高校、企业、研究机构、政府之间的合作交流。

## 八、主要完成单位及创新推广贡献

### 1、香港中文大学

本单位是本项目的主持单位及主要完成单位。负责多云多雨环境遥感监测项目技术创新的总体规划和研究策略，在项目研究中，对关键技术进行决策、审查、把关工作，提出并负责该项目的研究方向；负责该项目多云多雨环境遥感监测应用技术路线、关键技术、示范应用等的数据分析研究；协调各完成单位之间分工，在人、财、物方面确保了本研究项目顺利实施，并取得预期效果。

围绕“多云多雨地区的遥感资料融合和雷达散射机理分析技术、复杂多变环境下综合遥感信息提取技术与多学科交叉的工程应用技术”主线开展技术攻关，建立多云多雨地区星载雷达信号传输中大气延迟特性分析模型，揭示了中分辨率和高分辨率 SAR 影像中大气延迟的时空分布特性和地物后向散射特性的空间分异特征和时相变化规律，突破了传统多源遥感面向单属性融合的局限，建立了遥感影像全属性一体化融合的理论框架与技术体系，发展了 SAR 和光学遥感大气矫正理论，创建了复杂多变环境下陆地和海洋综合遥感信息提取技术以及高精度近岸动力环境预测系统，研发了遥感监测信息与地质学、生态学、冰川学、湖泊学的协同解译和分析技术，构建了遥感与区域地球系统科学交叉研究理论体系，实现了针对多云多雨地区综合遥感监测理论、方法和应用体系，使得多云多雨地区遥感监测水平跨越式的提升，并将技术服务于国际社会，产生了巨大的社会效益和国际影响力。

### 2、中国科学院测量与地球物理研究所

中国科学院测量与地球物理研究所作为项目主要完成单位，在本项目城市雷达遥感、地面沉降 SAR 干涉测量等研究方面投入了充足力量，为项目的实施提供了良好的软硬件环境，并积极推广科研成果的应用，实现了项目提出的工作目标。

(1) 在干涉雷达图像高精度配准、复空间去噪处理、海气作用大气相位延迟改正等关键技术取得突破的基础上，建立了面向多云多雨地区复杂地理环境下的星载 InSAR 高精度数据处理与分析技术体系，为本项目 InSAR 软件研发和行业应用提供了技术方法支撑；

(2) 深入研究和分析了城市典型地物的雷达回波强度和相干特性，归纳总结地物后向散射特性的空间分异特征和时相变化规律，为基于多维 SAR 影像的城市雷达遥感研究奠定了理论基础；

(3) 在国际上首次提出了基于雷达遥感数据的城市不透水层亚象元自动估算方法，并发展了融合两类雷达后向散射特征的城区非监督变化检测新方法，这些系统性研究拓展了雷达遥感领域的研究方向，在多云多雨地区城市环境监测与评估方面具有突出的应用推广前景。

### **3、中国科学院遥感与数字地球研究所**

中国科学院遥感与数字地球研究所作为项目主要完成单位，在城市地质灾害，大型基础设施以及文化遗产病害等雷达遥感动态监测与评估领域保持国际前沿，并与国际一流团队建立了双边或多边合作。以此为基础，该研究所投入了充足研究力量，结合我国“一带一路”设施联通与民心相通战略，针对国内外城市地表沉降、城市经济圈大型基础设施异常形变、以及大型文化遗产地可持续发展评估等应用，依照项目任务开展了专题组织、研究和实施；通过吸收国内外先进技术，关键、前沿技术攻关与理论研究，实现了项目提出的工作目标。

### **4、洪都天顺（深圳）科技有限公司**

洪都天顺（深圳）科技有限公司作为项目的主要完成单位，与香港中文大学一起合作研发了国内第一款商用 InSAR 处理软件-Skysense，并负责商业推广应用，Skysense 通过版本树对资料资源、计算资源和处理方法模块的动态均衡与优化，实现了数据、任务单、模型算法的灵活、高效组织，核心组件 MT-InSAR 模块采用 OpenMP 和 GPU 并行加速技术对海量大数据的快速处理，实现了全部在轨 SAR 卫星处理支持。通过对与香港中文大学合作模式的探索，建立了粤港澳大湾区产学研用合作共赢新模式，也为其它产学研科技公司发展起到了典范作用。